

Costruzione di Interfacce  
Lezione 19  
Texturing

[cignoni@iei.pi.cnr.it](mailto:cignoni@iei.pi.cnr.it)  
<http://vcg.iei.pi.cnr.it/~cignoni>

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

1

## Texture Mapping

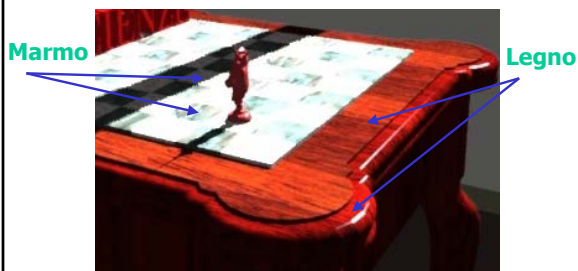
- ❖ Data un'immagine bidimensionale (ad es. una immagine fotografica scannerizzata) viene ritagliata, stirata o compressa per adattarla esattamente alla forma di un poligono o di una superficie curva e di far sì che vi aderisca sopra come una decalcomania
- ❖ Colorare una primitiva (triangolo) secondo i colori di una bitmap
- ❖ Aggiungere dettagli senza aumentare la complessità della geometria dei modelli

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

2

## Texture Mapping



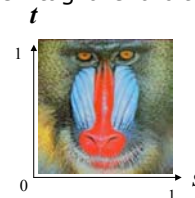
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

3

## Coordinate di texture

- ❖ Per specificare **come** si colora un porzione di superficie con una texture si definiscono le **coordinate di texture** che indicano dove ritagliare la bitmap che ci interessa



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

4

## Coordinate Texture

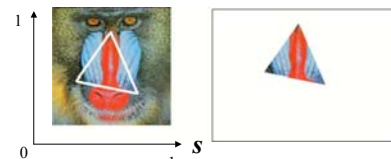
- ❖ Per ogni vertice si specifica quindi
- ❖ Le sue coordinate 3d effettive:
  - ❖ In opengl
  - ❖ `glVertex3f(x,y,z)`
- ❖ e le corrispondenti coordinate di texture
  - ❖ In opengl
  - ❖ `glTexCoord2f(s,t)`

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

5

## Esempi



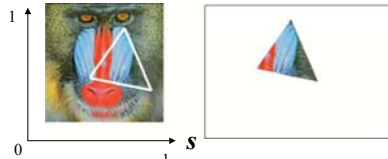
- ❖ Ad ogni vertice del triangolo è assegnato un punto sulla texture

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

6

## Esempio



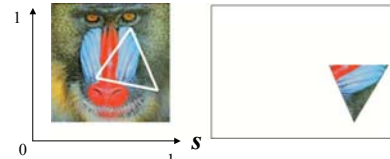
- ❖ Modificando le coordinate di texture cambia che cosa viene disegnato sul triangolo

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

7

## Esempio



- ❖ Modificando la matrice di modelview, l'oggetto si sposta ma la texture rimane ferma sull'oggetto

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

8

## Texture mapping in opengl

- ❖ Per ogni rendering context  
Caricare le texture
  - ❖ creare un nome (glGenTexture)
  - ❖ scegliere il nome di texture (glBind)
  - ❖ caricare un'immagine (glTexImage2d)
- ❖ Per ogni frame:  
Scegliere una texture corrente
  - ❖ glBind()
- ❖ Per ogni Vertice:  
specificare le coordinate di texture
  - ❖ glTexCoord()

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

9

## Caricare una texture

- ❖ Ogni texture ha un nome con cui può essere richiamata velocemente
  - ❖ glGenTextures(n, int \*names)
  - ❖ crea n nomi di texture memorizzandoli in names[]
- ❖ Per scegliere la texture corrente
  - ❖ glBind(GL\_TEXTURE2D, texturename)

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

10

## Loading an image

- ❖ Si passa ad opengl il blocco di mem che rappresenta la texture. Opengl lo copia nella memoria della scheda e lo *formatta* come meglio crede. Operazione piuttosto lenta.

```
void glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D
GLint level,          // the mipmap level
GLint components,    // number of color component (1..4)
GLsizei width,       // must be 2^n
GLsizei height,      // must be 2^n
GLint border,        // width of border
GLenum format,       // GL_RGB, GL_RGBA, GL_ALPHA ecc
GLenum type,         // data type of pixel (GL_BYTE, ecc)
const GLvoid *pixels // a pointer to the image.
);
```

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

11

## Loading a Texture

- ❖ Il problema maggiore è come caricare un'immagine:
  - ❖ Generarsi la texture da soli (facile per scacchiere e affini)
  - ❖ Scriversi un lettore per un formato di immagini molto semplice (.pbm)
  - ❖ Utilizzare una lib tipo glpng, devil, CImage (MFC 7.0), CTexture.

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

12

## glPng

- ❖ Libreria free che permette di caricare come texture un'immagine in formato png

```
#include <gl/png.h>
...
pngInfo info;
GLuint texture;
glGenTextures(1, &texture);
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, texture);
pngLoad(filename, PNG_NOMIPMAP, PNG_SOLID, &info)
```

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

13

## Parametri Texture

- ❖ glTexParameter permette di settare di come si sceglie quali texel usare per il texturing
- ❖ GL\_TEXTURE\_MIN\_FILTER
- ❖ GL\_TEXTURE\_MAG\_FILTER
- ❖ GL\_TEXTURE\_WRAP\_S
- ❖ GL\_TEXTURE\_WRAP\_T

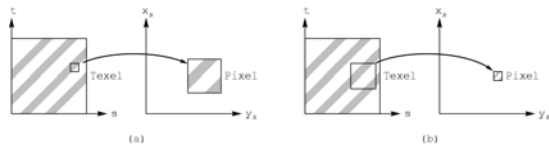
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

14

## Mipmapping

- ❖ Texel e pixel non corrispondono:
  - ❖ Quando si guarda un oggetto textured da vicino si hanno molti pixel per un texel (oversampling della texture)
  - ❖ Quando si guarda un oggetto textured da lontano si hanno molti texel che cadono in uno stesso pixel (subsampling texture)



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

15

## Mipmapping

- ❖ L'oversampling puo' essere gestito

- ❖ Nearest texel

T€  
T€

- ❖ Interpolazione lineare texel

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

16

## MIPMAPPING

- ❖ Il subsampling puo' essere gestito
  - ❖ Nearest texel
  - ❖ Nearest texel in un'altra texture grande la metà e filtrata bene (mipmapping)
- ❖ Per ogni texture si tiene un insieme di texture prefiltrate ognuna grande la metà della precedente

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

17

## MipMapping

- ❖ Non filtrata
- 3.8.7 Texture N Applying a texture framebuffer image the sampled texture
- 3.8.7 Texture N Applying a texture framebuffer image the sampled texture
- ❖ Filtrata

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

18

## Utilizzare una texture

- ❖ Texture environment:
- ❖ Specificare come si vuole combinare il colore della texture con il colore corrente
- ❖ `glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, ????)` ;
  - ❖ **GL\_MODULATE** moltiplica il colore della texture per il colore dell'oggetto dopo lo shading (in questo modo la texture viene ombreggiata)
  - ❖ **GL\_DECAL** il colore viene applicato esattamente.
- ❖ Ci sono anche altri modi supportati un po' meno (fanno parte dello standard 1.3)
- ❖

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

19

## Coordinate di texture

- ❖ Esplicite
  - ❖ Occorre salvare nel modello, per ogni vertice, dove va a finire sulla texture
  - ❖ Fa parte del lavoro di modellazione fatto dall'artista di turno
  - ❖ Notare come sono impaccate bene le varie porzioni in cui è suddivisa la mesh.



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

20

## Coordinate di texture

- ❖ Implicite
- ❖ Generate automaticamente da OpenGL in base alle coordinate dei vertici e alla matrice di modellazione corrente
  - ❖ Object\_linear
  - ❖ Eye\_linear
  - ❖ Sphere\_map
  - ❖ Reflection\_map\*
  - ❖ Normal\_map\*

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

21

## Object Linear

- ❖ Si può generare ogni texture coordinate (s,t,...) come funzione lineare delle sue coordinate
- ❖ Ad esempio

```
glTexGeni(GL_S, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_OBJECT_LINEAR);
glTexGeni(GL_T, GL_TEXTURE_GEN_MODE, GL_OBJECT_LINEAR);
float planevs[4]={1.0,0,0,0};
float planevt[4]={0,1.0,0,0};
glTexGenfv(GL_S, GL_OBJECT_PLANE, planevs);
glTexGenfv(GL_T, GL_OBJECT_PLANE, planevt);
```
- ❖

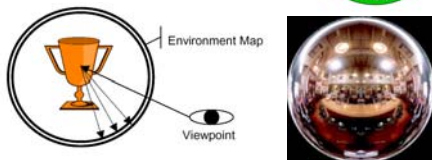
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

22

## Sphere map

- ❖ Si generano coordinate texture, per vertice, in base a dove la normale dell'oggetto colpisce una sfera intorno all'oggetto stesso.
- ❖ La superficie della sfera è mappata nello spazio di texture come in figura



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

23

## Texture

- ❖ Non solo colore
- ❖ Texture mapping è utilizzato anche per *spargere* altri tipi di attributi sulla superficie di un oggetto:
  - ❖ Normali (bump mapping)
  - ❖ Posizione (displacement mapping)
  - ❖ Trasparenza (alpha)
  - ❖ Shininess
  - ❖ Ombre portate.

22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

24

## Bump Mapping

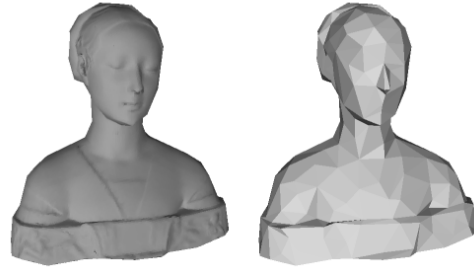


22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

25

## Bump Map



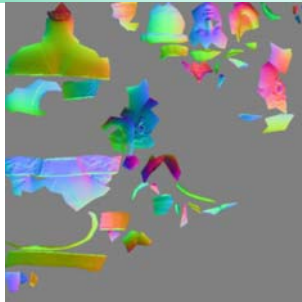
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

26

## Bumpmapping

- ❖ Le normali sono codificate nello spazio rgb signed
- ❖ Esiste un texture environment DOT3\_RGB
- ❖ La direzione della luce viene passata come colore corrente della mesh



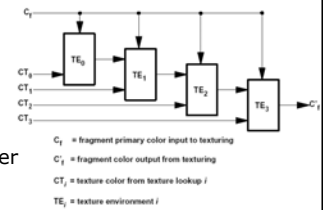
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

27

## MultiTexture

- ❖ È possibile specificare più di una texture per una singola primitiva
- ❖ Le varie texture sono applicate in sequenza usando il risultato del precedente texturing per mixarlo con la texture corrente secondo un proprio texture environment



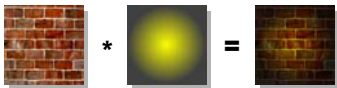
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

28

## MultiTexturing

- ❖ Light maps



```

glActiveTexture(GL_TEXTURE0_ARB);
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, BASE_TEX_NAME);
glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_REPLACE);
glEnable(GL_TEXTURE_2D);
    
```

```

glActiveTexture(GL_TEXTURE1_ARB);
glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, LIGHT_TEX_NAME);
glTexEnvf(GL_TEXTURE_ENV, GL_TEXTURE_ENV_MODE, GL_MODULATE);
glEnable(GL_TEXTURE_2D);
    
```

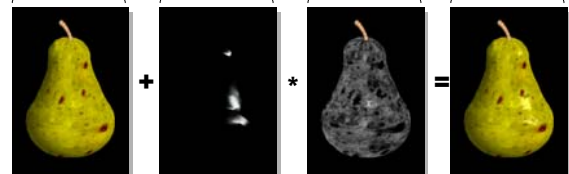
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

29

## Gloss mapping

Base \* Diffuse Light + Environment Map \* Gloss Map = Result



Gouraud \* Base Texture

Environment or  
Specular Map

Gloss Map

Gloss Mapped Object

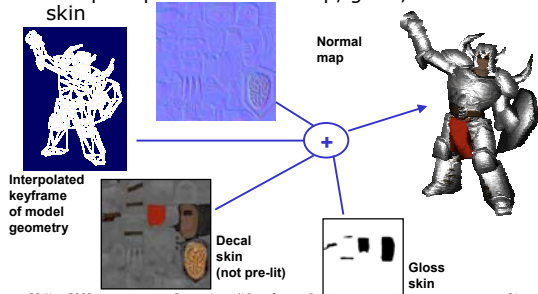
22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

30

## Per pixel lighting

- ❖ Bump-map model with bump, gloss, & decal skin



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

31

## Per pixel lighting

- ❖ Three passes generated diffuse & specular bump mapping



22 Nov 2002

Costruzione di Interfacce - Paolo Cignoni

32